

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公告

⑫ 特許公報(B2)

昭61-33892

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 昭和61年(1986)8月5日

C 22 C 28/00

6411-4K

発明の数 1 (全13頁)

⑮ 発明の名称 テルビウム-デイスプロシウム基巨大磁歪合金

⑯ 特 願 昭54-40293

⑰ 公 開 昭55-134150

⑱ 出 願 昭54(1979)4月5日

⑲ 昭55(1980)10月18日

⑳ 発 明 者 佐 橋 政 司 川崎市幸区小向東芝町1 東京芝浦電気株式会社総合研究
所内
㉑ 発 明 者 野 老 博 和 川崎市幸区小向東芝町1 東京芝浦電気株式会社総合研究
所内
㉒ 発 明 者 天 野 景 隆 川崎市幸区小向東芝町1 東京芝浦電気株式会社総合研究
所内
㉓ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地
㉔ 代 理 人 弁 理 士 則 近 豊 佑 外 1 名
審 査 官 相 沢 旭

1

2

⑳ 特許請求の範囲

1 8重量%~38重量%の鉄および0.01重量%~25重量%のマンガン、0.1重量%~35重量%のテルビウム並びに残部のデイスプロシウムおよび不随的の不純物から成り、かつテルビウムとデイスプロシウムの重量比((テルビウム/(デイスプロシウム重量))が0.001以上0.5以下の範囲内にあり、かつ50体積%以上のラーベス型金属間化合物相と残部テルビウムおよびデイスプロシウムを主成分とした稀土類金属α相より構成される2相合金組織より成るテルビウム-デイスプロシウム基巨大磁歪合金。

発明の詳細な説明

本発明はすぐれた磁歪特性を示し、かつ靱性にすぐれたテルビウム-デイスプロシウム基巨大磁歪合金に関するものである。従来より磁性体を磁化した場合、内部磁気配列の変化に応じ、磁性体の長さが変化すること、すなわち外部磁場を作用させた場合、磁歪が生ずることが知られていた。この磁歪は磁歪フィルタ、磁歪センサ、超音波遅延線、磁歪振動子等に応用されている。これらのデバイスを構成する磁歪物質としては、ニッケル基合金、鉄-コバルト合金、フェライト等が用いられている。

近年、計測工学の進歩および精密機械分野の発展に伴い、ミクロンオーダーの微小変位制御に不可欠の変位駆動部の開発が必要とされている。の変位駆動部の駆動機構の一つとして磁歪物質を用いた磁気-機械変換デバイスが有力である。しかしながら従来知られている磁歪物質では変位の絶対量が充分でなく、ミクロンオーダーの精密変位制御駆動部材料としては絶対駆動変位量のみならず、精密制御の点からも満足し得るものではなかった。

また上記磁歪物質の変位量のみに着目すれば、稀土類と鉄の金属間化合物がニッケル基合金の100倍近い磁歪を示すことが知られているが、電気入力エネルギーの機械的変位への変換効率が極めて悪いことおよび材質的に脆弱であることのため駆動部材料としては満足し得るものでなかった。

本発明者等はこのような点に対処して検討を進めた結果8重量%~38重量%の鉄および0.01重量%~25重量%のマンガン、0.1重量%~35重量%のテルビウム並びに残部のデイスプロシウムおよび不随的の不純物から成り、かつテルビウムとデイスプロシウムの重量比((テルビウム重量)/(デイスプロシウム重量))が0.001以上0.5以下の

範囲内にあり、かつ50体積%以上のラーベス型金属間化合物相と残部テルビウムおよびディスプロシウムを主成分とした稀土類金属 α 相より構成される2相合金組織よりなるテルビウム-ディスプロシウム基巨大磁歪合金を見出したものである。

即ち本発明は優れた磁歪特性および靱性を有し、特に精密変位制御駆動部用磁気-機械変位変換デバイスの主要部材である磁歪物質に適したテルビウム-ディスプロシウム基巨大磁歪合金を提供する事を目的とする。

以下本発明を詳細に説明すると、本発明に係る合金において、テルビウム、ディスプロシウムは稀土類(ランタナイド)に属し、鉄、ニッケル等の3d遷移金属と異なり、4f電子の強い軌道角運動量のため極めて大きい結晶異方性を有し、すぐれた磁歪特性を得るための必須成分であると同時にすぐれた靱性を付与する合金主成分でもある。しかしながらテルビウム、ディスプロシウム単体、あるいはテルビウム-ディスプロシウム合金では、低温領域では優れた磁歪特性を示すものの、室温以上の温度領域では磁歪を示さず、満足した特性を得ることが不可能である。

本発明合金の主要合金(添加)元素である鉄およびマンガンはテルビウムおよびディスプロシウムとラーベス型金属間化合物を形成し、テルビウムおよびディスプロシウム、テルビウム-ディスプロシウム合金における室温以上の温度領域における磁歪特性を著しく向上せしめ、満足し得る特性に至らしめるものである。鉄およびマンガンの合金成分範囲をそれぞれ8重量%以上38重量%以下の鉄、0.01重量%以上25重量%以下のマンガンと限定する理由は、鉄、マンガンともにそれぞれ8重量%未満の鉄、0.01重量%未満のマンガンでは十分な磁歪特性の向上が得られず、38重量%を超える鉄では靱性が著しく劣下し、脆弱になり、25重量%を超えるマンガンでは磁歪特性が劣下するため上記合金成分範囲に限定する。さらにテルビウムの合金成分範囲を0.1重量%以上35重量%以下でかつテルビウムとディスプロシウムの重量比((テルビウム重量)/(ディスプロシウム重量))が0.001以上0.5以下の範囲内と限定する理由はテルビウムの合金化によりディスプロシウムのみの場合に比べ、鉄およびマンガンによる磁歪

特性の向上が一層高められ、優れた磁歪特性を示すテルビウム-ディスプロシウム基合金が実現されるわけであるが、0.1重量%未満のテルビウムでは磁歪特性の向上が得られず、35重量%を超えるテルビウムにおいては、かえって磁歪特性の劣化が認められることから、0.1重量%以上35重量%以下の範囲に限定した。さらに上記テルビウム限定範囲内においてもテルビウムとディスプロシウムの重量比が0.001以上0.5以下の範囲に含まれない場合、磁歪特性の向上が得られないので、限定範囲につけ加えた。

加えて本発明合金中に認められるラーベス型金属間化合物の体積%としては50%を満たさない場合、靱性その他の機械的性質はすぐれるものの満足し得る磁歪特性が得られないので、50%以上のラーベス型金属間化合物を含むことを限定する。

次に本発明合金において遷移金属添加元素として鉄およびマンガンに限定した理由を実験データに基づき説明する。ディスプロシウムおよびテルビウム金属は鉄およびマンガン等の遷移金属とラーベス型金属間化合物を作る。ラーベス型金属間化合物を作ることにより、テルビウム-ディスプロシウム合金等の稀土類金属・合金のすぐれた磁歪特性は室温以上に持ち来たされる。これは広義の意味での強磁性相が室温以上の温度まで安定化されるためである。強磁性相の消失する温度は稀土類金属において一例を挙げるならば、ディスプロシウムにおいて、179K(-94℃)である。一方ラーベス型金属間化合物においてDyFe₂の場合635K(358℃)である。以上のごとく遷移金属は稀土類金属の合金化においてラーベス型金属間化合物を形成し、すぐれた磁歪特性を室温以上の温度に持ち来たすわけである。ラーベス型金属間化合物の室温における飽和磁歪値を第1表に示す。

第 1 表

	TbFe ₂	DyFe ₂	HoFe ₂	ErFe ₂	TmFe ₂
$\lambda_{111} \times 10^6$	2400	1900	400	-300	-600

これらの値は従来の磁歪金属例えばニッケルの飽和磁歪値 30×10^{-6} に比べ桁違いに大きいことが一見できる。しかしラーベス型金属間化合物単相の機械的性質は極めて悪く、特に加工性、靱性に劣り、実用合金かはほど遠い特性しか有していな

い。加えて第1表に示す飽和磁歪値を得るためには、数十キロエルステッドという強磁場を必要とし、1アンペア当り100エルステッド程度のソレノイド型マグネットを用い、電気-磁気変換を行なうならば100アンペア以上の大電流を必要とし、数十キロワットの電力消費となり、実用上の大きな障害となる。

加工性および靱性の改善策の一つとしては、ラーベス型金属間化合物を構成する遷移金属を鉄とマンガンとの合金にすることによつて達成される。またさらに加工性および靱性を向上せしめる手段としてはラーベス型金属間化合物中に延性に富む稀土類金属 α 相、特に α -デイスプロシウム相を分散せしめ破壊靱性値を向上せしめることである。しかしこの α -テルビウム-デイスプロシウム相の分散による靱性、加工性の改善は熱平衡状態図より上記鉄-マンガン-稀土類金属-合金系に限定される。遷移金属-稀土類金属系状態図は第1図に示すデイスプロシウム-マンガン系のごとき稀土類金属側において DyMn_2 ラーベス型金属間化合物より高稀土類金属元素濃度の化合物が存在しない系と第2図に示すデイスプロシウム-コバルト系のごとき稀土類金属側において DyCo_2 ラーベス型金属間化合物より高稀土類元素の化合物が存在する系とに大別される。本発明合金製品に適用可能な合金系としてはデイスプロシウム-マンガン系型の状態図を示す合金系に限定されるわけであるが、これを満たす合金系としては、鉄-マンガン稀土類合金系であるわけである。

次にラーベス型金属間化合物中の稀土類金属および遷移金属、特に稀土類金属としてはデイスプロシウムのテルビウムによる合金化、遷移金属としては鉄のマンガンによる合金化に伴う磁歪特性の変化及び α -テルビウム-デイスプロシウムにより靱性を改善した場合の磁歪特性の変化について説明する。

第3図および第4図に $(\text{Tb}_y\text{Dy}_{1-y})_{1.33}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ 系の各 x 値(マンガン濃度)、各 y 値(テルビウム濃度)における磁歪特性を示す。マンガンの合金化は室温、特に低磁場側(2kOe以下)での磁歪特性において、 y が0.2程度、テルビウム濃度13重量%程度より低濃度側において、鉄のマンガンによる合金化に伴い、顕著な磁

歪特性の向上が認められた。なお第3図において磁歪特性は $\text{Dy}_{1.33}\text{Fe}_2$ の室温における磁歪特性を10とした場合の相対値で示す。 $(\text{Tb}_{0.2}\text{Dy}_{0.8})_{1.33}(\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2})_2$ においては、現在磁歪特性が明らかになつていない物質中、最高の特性を示す $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ を上回るものである。加えて $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ は脆弱であることに較べ、 $(\text{Tb}_{0.2}\text{Dy}_{0.8})_{1.33}(\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2})_2$ は著しく靱性の改善が認められた。

一方テルビウムの合金化は、室温特に低磁場側(2kOe以下)での磁歪特性において、 x 値、マンガン濃度の大小によらず、デイスプロシウムのテルビウムによる合金化に伴い、顕著な磁歪特性の向上が認められた。加えてテルビウム合金化の効果は x が0.1、0.2、特に $x=0.2$ において顕著に認められた。第4図における磁歪特性は $\text{Dy}_{1.33}\text{Fe}_2$ の室温における磁歪特性を10とした場合の相対値で示す。この結果上記 $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ に較べ低テルビウム濃度において、優れた磁歪特性を示すものである。

稀土類金属は地球上に稀有な金属資源であり、近年有限な資源の有効活用は、技術的問題の一つにまで高められている。この意味においても稀土類ランタナイド中最も稀有で高価な金属の一つである低テルビウム濃度化は、極めて実用上、技術上意味が大きい。

また $(\text{Tb}_{0.2}\text{Dy}_{0.8})(\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2})_2-\alpha$ (Tb-Dy)系の磁歪特性を第5図に示す。なお磁歪特性 $(\text{Tb}_{0.2}\text{Dy}_{0.8})(\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2})_2$ の室温における磁歪特性を10とした場合の相対値で示す。 α -(テルビウム-デイスプロシウム)体積パーセントが50%を越えると急激に磁歪特性が劣下することが判る。

以上のごとき実験事実に基づき本発明合金の組成が限定された。

次に本発明の実施例について説明し、併せて本発明の効果を確認するために比較例についても説明する。

実施例 1

第2表、第3表、第4表のNo.2-1~No.2-14、No.3-1~No.3-14、No.4-1~No.4-14、各14種類、合計42種類の合金を用意し、夫々アーク溶解後800°Cで120時間均一化処理したのち切削加工により厚さ3mm、幅6mm、長さ15mmの試験片

7

を作成した後、室温下において磁歪特性を測定した。

第 2 表

試料No.	合金組成 (重量%)				ラーベス型金属間化合物相 (体積%)
	Dy	Tb	Fe	Mn	
	実施例1-1				
2-1	残	7.9	13.0	8.3	53
2-2	残	7.9	19.0	2.1	52
2-3	残	7.0	18.2	11.9	74
2-4	残	7.0	22.0	9.0	75
2-5	残	7.0	25.0	6.0	72
2-6	残	6.9	28.4	2.8	74
2-7	残	6.4	21.9	14.1	85
2-8	残	6.4	25.2	10.8	87
2-9	残	6.5	28.1	7.3	90
2-10	残	6.5	32.0	3.0	90
2-11	残	6.0	24.0	16.4	98
2-12	残	6.0	27.9	12.1	98
2-13	残	6.0	32.0	8.5	98
2-14	残	6.0	36.8	3.5	98

第 3 表

試料No.	合金組成 (重量%)				ラーベス型金属間化合物相 (体積%)
	Dy	Tb	Fe	Mn	
	実施例1-2				
3-1	残	15.8	13.0	8.3	52
3-2	残	15.8	19.0	2.1	51
3-3	残	14.0	18.2	11.9	72
3-4	残	14.0	22.0	9.0	73
3-5	残	14.0	25.0	6.0	78
3-6	残	13.8	28.4	2.8	75
3-7	残	12.8	21.9	14.1	82
3-8	残	12.8	25.2	10.8	81

8

試料No.	合金組成 (重量%)				ラーベス型金属間化合物相 (体積%)
	Dy	Tb	Fe	Mn	
	実施例1-2				
3-9	残	13.0	28.1	7.3	89
3-10	残	13.0	32.0	3.0	90
3-11	残	12.0	24.0	16.4	98
3-12	残	12.0	27.9	12.1	98
3-13	残	12.0	32.0	8.5	98
3-14	残	12.0	36.8	3.5	98

第 4 表

試料No.	合金組成 (重量%)				ラーベス型金属間化合物相 (体積%)
	Dy	Tb	Fe	Mn	
	実施例1-3				
4-1	残	23.7	13.0	8.3	54
4-2	残	23.7	19.0	2.1	53
4-3	残	21.0	18.2	11.9	77
4-4	残	21.0	22.0	9.0	78
4-5	残	21.0	25.0	6.0	76
4-6	残	20.7	28.4	2.8	80
4-7	残	19.2	21.9	14.1	87
4-8	残	19.2	25.2	10.8	90
4-9	残	19.5	28.1	7.3	92
4-10	残	19.5	32.0	3.0	91
4-11	残	18.0	24.0	16.4	97
4-12	残	18.0	27.9	12.1	98
4-13	残	18.0	32.0	8.5	99
4-14	残	18.0	36.8	3.5	98

磁歪特性はコアマグネットを用い、磁気回路の一部に上記試料を挿入し、歪ゲージ法により測定された。

なおNo.2シリーズは(テルビウム) / (ディスプロシウム) 重量比が0.1, No.3シリーズは(テルビウム) / (ディスプロシウム) 重量比が

9

10

0.2, No. 4 シリーズは (テルビウム) / (ディスプレイシウム) 重量比が 0.3 である。

この測定結果は第 5 表, 第 6 表, 第 7 表に示す通りである。

第 5 表

	特 性
試 料 No.	実施例 1-1
2-1	21.2
2-2	20.8
2-3	20.8
2-4	29.8
2-5	34.0
2-6	20.0
2-7	25.5
2-8	38.4
2-9	45.0
2-10	25.2
2-11	24.5
2-12	35.0
2-13	40.0
2-14	23.0

第 6 表

	特 性
試 料 No.	実施例 1-2
3-1	20.5
3-2	21.5
3-3	31.9
3-4	38.7
3-5	70.0
3-6	34.9
3-7	39.0
3-8	47.5
3-9	84.0

5

10

15

20

25

30

	特 性
試 料 No.	実施例 1-2
3-10	42.0
3-11	37.5
3-12	45.5
3-13	82.5
3-14	41.0

第 7 表

	特 性
試 料 No.	実施例 1-3
4-1	20.2
4-2	34.0
4-3	29.8
4-4	31.9
4-5	45.5
4-6	60.8
4-7	37.0
4-8	39.0
4-9	55.0
4-10	72.0
4-11	35.0
4-12	37.5
4-13	53.5
4-14	71.5

35 比較例 1

第 8 表の No. 5-1 ~ No. 5-14 に示す組成の 14 種類の合金を用意し、実施例同様アーク溶解後 800℃ で 120 時間均一化処理したのち切削加工により厚さ 3 mm, 幅 6 mm 長さ 15 mm の試験片を作成した後、実施例と同一条件下で磁歪特性を測定した。また第 8 表の No. 5-15 ~ No. 5-17 に示す組成の従来用いられているニッケル, 鉄-コバルト系合金および鉄-パラジウム系合金についても磁歪特性を測定した。この結果を第 9 表に併記した。

11

第 8 表

合金組成 (重量%)					ラーベ ス型金 属間化 合物相 (体積%)
試料No.	Dy	Tb	Fe	Mn	
比較例 1					
5-1	残	—	18.2	11.9	73
5-2	残	—	28.4	2.8	70
5-3	残	—	41.0	—	100
5-4	残	8.5	8.9	6.2	27
5-5	残	6.0	11.9	27.9	97
5-6	残	5.4	28.1	17.9	90
5-7	残	17.0	8.9	6.2	29
5-8	残	12.0	11.9	27.9	98
5-9	残	10.8	28.1	17.9	89
5-10	残	25.5	8.9	6.2	25
5-11	残	18.0	11.9	27.9	97
5-12	残	16.2	28.1	17.9	88
5-13	残	40.0	19.0	2.1	52
5-14	残	30.0	24.0	16.4	89
5-15	49.8Co-Fe				
5-16	39.6Pd-Fe				
5-17	Ni				

(※印 ラーベス相以外の相がテルビウム
およびディスプロシウムを主成分
とした α 相ではない。(RT₃相))

第 9 表

特 性	
試 料 No.	比較例 1
5-1	14.2
5-2	14.0
5-3	10
5-4	9.0
5-5	0.0

12

特 性	
試 料 No.	比較例 1
5-6	5.0
5-7	10.0
5-8	14.5
5-9	6.5
5-10	11.2
5-11	15.5
5-12	7.5
5-13	3.5
5-14	16.0
5-15	16.3
5-16	21.8
5-17	10

なお磁歪特性の比較にあたっては、低磁場側の
磁歪値に注目し、印加磁場2kOeにおける静的磁
気歪値を求め、No. 5-5に示すDyFe₂の磁歪特性
を10とし、これを基準として相対値で表示した。

25 上記実施例1の結果から明らかな如く、本発明
によるテルビウム-ディスプロシウム基巨大磁歪
合金は、DyFe₂の磁歪特性に較べ、その室温、低
磁場（低電気入力）側での特性の大幅改善がなさ
れることが確認された。比較例1の5-17なるニ
ツケルに比べ本発明合金、実施例1-2の3-
9、実施例1-3の4-10においては約8倍から
9倍、すなわち従来最も用いられている磁歪材料
に比べ1桁近く磁歪特性が向上している。この事
実は、精密微小変位駆動用材料に例を取るなら
35 ば、従来1mで最大40 μ m程度の精密変位制御が
可能であつたところを同一長さ（1m）であれば
400 μ m程度の精密変位制御が可能となる以外に
同一変位（40 μ m）を精密変位制御するのであれ
ば10cm長さですみ、小型化できるとともに、この
40 サイズは実用化の可否を決める重要な因子でもあ
る。

更に本発明合金の磁歪特性は、比較例1の5-
15に示す鉄-コバルト合金、比較例5-16に示す
鉄-パラジウム合金の磁歪特性をも大幅に上回る

ものである。

加えて本発明合金は DyFe_2 の磁歪特性および靱性の改善を検討した本発明者等が先に提案したディスプレイウム基巨大磁歪合金の磁歪特性をさらに3倍近く向上せしめた合金である。

第6図に本発明合金、実施例1-2の3-9、実施例1-3の4-10および脆弱ではあるが磁歪特性に優れたラーベス型金属間化合物 $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ の低磁場（低電気入力エネルギー）側の磁歪特性を示すが、本発明合金は低電気入力側において、 $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ を上回る特性を示し、かつ電気入力に対する直線性に優れ、高速交流制御においては極めて有利な特性を有している。

なお上記実施例では磁歪特性の向上のみについて示したが、実施例1に示したような巨大磁歪合金を精密変位駆動部材あるいは強力超音波発生部材に適用する場合、磁歪特性に加え靱性は実用上大きな問題となる。以下実施例1、第2表、第3表、第4表に示した本発明合金および比較例2、第10表に示した合金について、靱性の改善の実施例について説明する。

第 10 表

試料No.	合金組成（重量%）				ラーベス型金属間化合物相（体積%）
	Dy	Tb	Fe	Mn	
	比較例 2				
10-1	残	—	41.0	—	100
10-2	残	17.7	41.0		100
10-3	残	5.9	39.0	2.0	100
10-4	残	11.8	39.0	2.0	100
10-5	残	17.7	39.0	2.0	100

実施例 2

第2表のNo.2-1~No.2-14、第3表No.3-1~3-14、第4表No.4-1~4-14、各14種類、合計42種類の合金を用意し、夫々アーク溶解後 800°C で120時間均一化处理したのち切削加工により、 $10^\circ \times 100\text{mm} \times 10\text{mm}$ の試験片を作成した。靱性の比較評価方法としては凹凸を有する鉄製敷板への落下試験を採用し、同一形状（ほぼ同一重量）の試験片をA（0.5m）、B（1m）、C（2m）、

D（3m）の4種類の異なる位置エネルギーの位置より自然落下させ、破壊の有無を調べた。この結果は第11表に示す通りである。なお靱性の表示方法としては位置A以下の位置より落下させたとき破壊したものは×印、位置A以上位置B以下の位置より落下させたとき破壊したものは△印、位置B以上位置C以下より落下させたとき破壊したものは○印、位置C以上位置D以下より落下させたとき破壊したものは◎印、位置D以上より落下させたとき破壊するものあるいは破壊をまったくおこさないものは↑印で示した。

第 11 表

試料 No.	特 性
	実施例 2
4-1	↑
4-2	↑
4-3	↑
4-4	↑
4-5	↑
4-6	↑
4-7	◎
4-8	◎
4-9	◎
4-10	◎
4-11	◎
4-12	○
4-13	○
4-14	△

比較例 2

本発明合金におけるマンガンの合金化および稀土類金属濃度の靱性への効果を確認するために第10表のNo.10-1~No.10-5の合金を実施例2と同一条件で作成した後、同一条件で試験した。この試験結果は第12表に示す通りである。

15

第 12 表

試験No.	特 性
10-1	×
10-2	×
10-3	×
10-4	×
10-5	×

上記実施例 2 の結果から明らかなごとく、マンガンの合金化およびラーベス型金属間化合物化学量論的組成の稀土類金属濃度以上の稀土類金属濃度によつて著しく靱性の改善がなされている。すなわち本発明合金であるテルビウム-デイスプロシウム-鉄-マンガン系よりなるテルビウム-デイスプロシウム基合金はマンガンの合金化延性により、金属間化合物のもつ脆弱性を克服し、実用にたえうる靱性の付与を可能ならしめたものである。加えて化学量論的組成の稀土類金属濃度以上の稀土類金属濃度により、室温における耐酸化性、耐食性をも向上

16

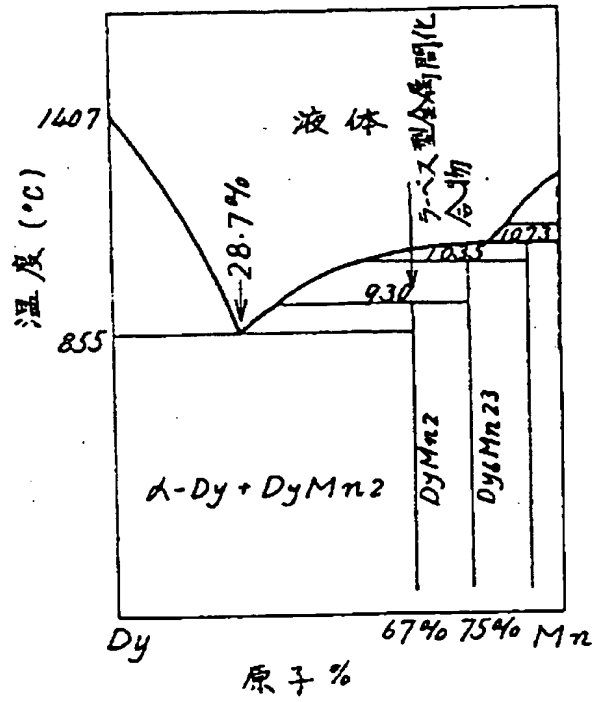
せしめることが可能である。

以上説明した如く本発明によるテルビウム-デイスプロシウム-鉄-マンガン系テルビウム-デイスプロシウム基合金は従来の磁歪材料の特性に
5 比べ、極めて優れた磁歪特性を有するとともに靱性および耐酸化等の実用材料に不可欠な要因をも満たし、特にミクロンオーダーの微小変位制御用駆動部強力超音波発生用振動子、センサ等の構成材料として極めて優れた特性を有するものである。
10

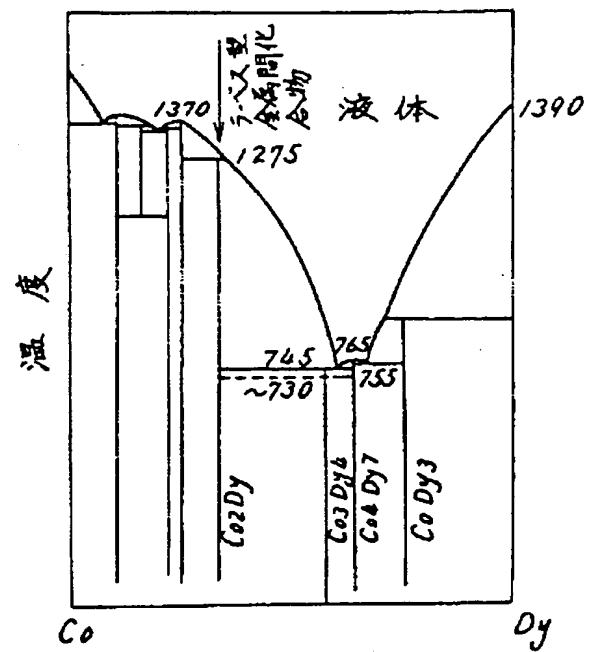
図面の簡単な説明

第 1 図はデイスプロシウム-マンガン合金状態図、第 2 図はデイスプロシウム-コバルト合金状態図、第 3 図は $(\text{Tb}_{1-y}\text{Dy}_y)_{1.33}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ におけるマンガン濃度と磁歪特性との関係を示す曲線図、第 4 図は $(\text{Tb}_{1-y}\text{Dy}_y)_{1.33}(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_2$ におけるテルビウム濃度と磁歪特性との関係を示す曲線図、第 5 図は $\alpha(\text{Tb}-\text{Dy})-\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}$ における $\alpha-(\text{Tb}-\text{Dy})$ 体積パーセントと磁歪特性との関係を示す曲線図、第 6 図は本発明合金および $\text{Tb}_{0.3}\text{Dy}_{0.7}\text{Fe}_2$ の低磁場側の磁歪特性を示す曲線図。
15
20

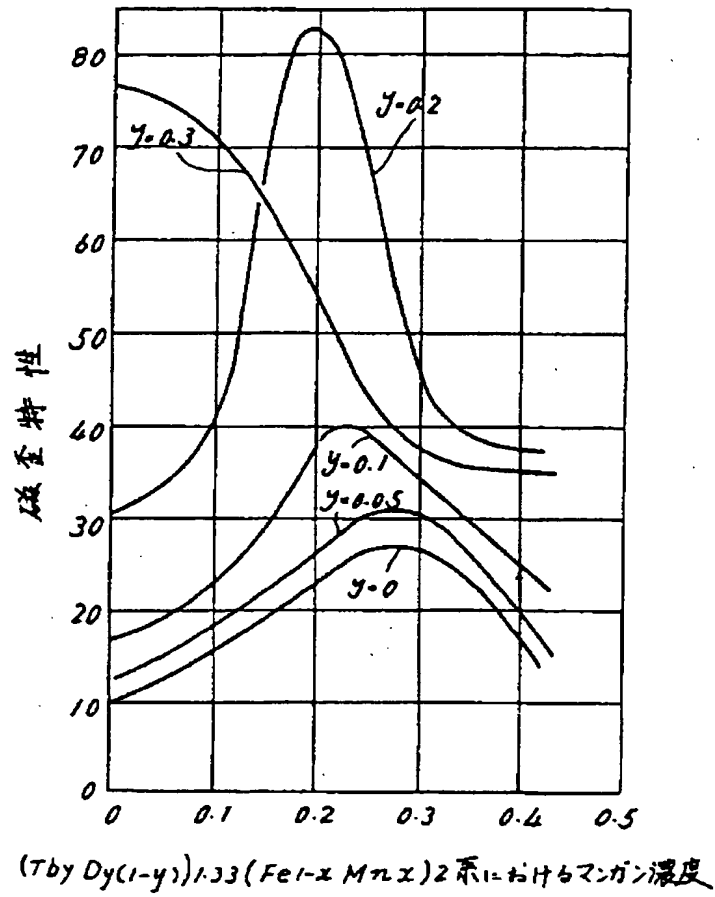
第1図



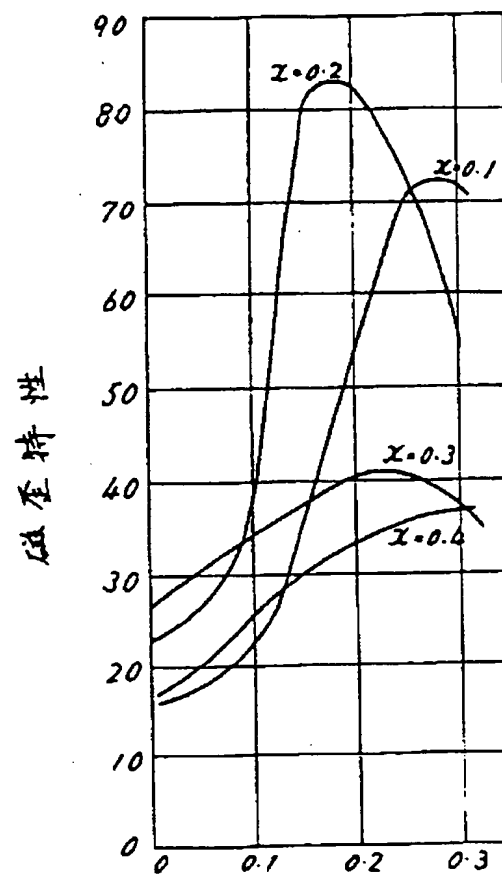
第2図



第3図

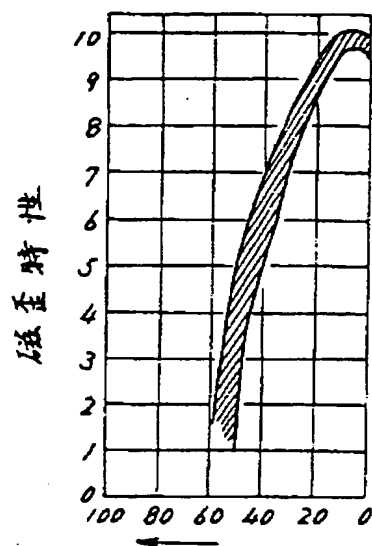


第4図



(Tb_{1-y}Dy_(1-y))_{1.33}(Fe_{1-x}Mn_x)₂系におけるテルビウム濃度

第 5 図



$\alpha(Tb-Dy)-(Tb_{0.2}Dy_{0.8})(Fe_{0.8}Mn_{0.2})_2$ 系における
 $\alpha(Tb-Dy)$ 体積パーセント

第 6 図

